

**LEKCJA 4****Temat: Drgania mechaniczne - wibracje. Hałas w środowisku pracy****Czas realizacji:**

- 1 godzina lekcyjna.

**Cele operacyjne:**

Po zakończeniu zajęć uczeń:

- wie, co to są drgania mechaniczne,
- zna podział drgań,
- wie, co może być źródłem drgań ogólnych i miejscowych,
- wie, jakie czynniki wpływają na szkodliwość drgań,
- wie, od czego zależy reakcja organizmu na drgania mechaniczne,
- zna skutki oddziaływania drgań na organizm człowieka,
- zna metody ograniczania zagrożeń od drgań mechanicznych,
- wie, co rozumie się pod pojęciem „hałas”,
- zna rodzaje hałasu i ich źródła,
- wie, jakie są skutki działania hałasu na człowieka,
- zna metody ograniczania zagrożeń hałasem,
- wie w jaki sposób ocenia się hałas.

**Treści:**

1. Pojęcie drgań mechanicznych.
2. Podział drgań.
3. Czynniki wpływające na szkodliwość drgań.
4. Od czego zależy reakcja organizmu na drgania mechaniczne.
5. Skutki oddziaływania drgań na organizm człowieka.
6. Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi.
7. Definicja hałasu.
8. Rodzaje hałasu i ich źródła.
9. Parametry charakteryzujące hałas i ocena hałasu.
10. Działanie hałasu na organizm ludzki.
11. Metody ograniczania hałasu.

**Pomoce dydaktyczne:**

- materiał źródłowy,
- komputer,
- slajdy,
- karta ćwiczeń.

**Spis slajdów:****Nr Tytuł**

34. Drgania mechaniczne
35. Podział drgań
36. Parametry wykorzystywane do opisu drgań
37. Częstotliwości drgań własnych narządów człowieka
38. Skutki oddziaływania drgań na organizm człowieka
39. Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi
40. Hałas - definicja

41. Rodzaje źródeł hałasu
42. Rodzaje źródeł hałasu
43. Wartości dopuszczalne hałasu
44. Ocena ryzyka
45. Działanie hałasu na organizm ludzki
46. Metody ograniczania hałas

### Plan zajęć:

Lp.	Treść	Metoda nauczania	Czas realizacji
1.	Temat i cele lekcji	Wykład	1 min
2.	Pojęcie drgań mechanicznych	Wykład, dyskusja	7 min
3.	Podział drgań	Wykład, pytania	5 min
4.	Parametry drgań i czynniki wpływające ich szkodliwość	Wykład, pytania, dyskusja	3 min
5.	Od czego zależy reakcja organizmu na drgania mechaniczne. Skutki oddziaływania drgań na organizm człowieka	Wykład, pytania, dyskusja	9 min
6.	Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi	Wykład, pytania, dyskusja	5 min
7.	Definicja hałasu	Wykład	3 min
8.	Rodzaje hałasu i ich źródła	Wykład, pytania	3 min
9.	Działanie hałasu na organizm ludzki	Wykład, pytania, dyskusja	4 min
10.	Metody ograniczania hałasu	Wykład, pytania, ćwiczenie	5 min

### SCENARIUSZ ZAJĘĆ

#### Ad. 1.

- Podaj temat lekcji.
- Zapoznaj uczniów z celami lekcji i zachęć do zadawania pytań.

#### Ad. 2.

- Podaj definicję drgań mechanicznych - wibracji.
- Poinformuj, że w zależności od intensywności drgań i czasu ich oddziaływania na człowieka mogą być czynnikiem uciążliwym, szkodliwym i niebezpiecznym.
- Przedstaw slajd nr 34.

#### Ad. 3.

- Podaj podział drgań, uwzględniając sposób ich oddziaływania na organizm ludzki oraz przykłady źródeł tych drgań. Przedstaw slajd nr 35.

#### Ad. 4.

- Podaj, jakie parametry drgań oceniane są przy określaniu ich szkodliwości na organizm człowieka.
- Zwróć uwagę, że szczególnie niebezpieczne dla człowieka są częstotliwości niskie.
- Przedstaw slajdy nr 36 i 37.

#### Ad. 5.

- Poinformuj, od czego zależy reakcja organizmu na działanie drgań.
- Wymień zmiany chorobowe, jakie mogą powstać w organizmie człowieka w wyniku działania wibracji - slajd nr 38.

#### Ad. 6.

- Zapytaj uczniów, jakie znają metody ograniczania narażenia na drgania mechaniczne?
- Uzupełnij ich wypowiedzi - slajd nr 39.

#### Ad. 7.

- Podaj definicję hałasu.
- Przedstaw slajd nr 40.

**Ad. 8.**

- Podaj, jakie są rodzaje hałasu i ich źródła.
- Przedstaw slajdy nr. 41 do 44.

**Ad. 9.**

- Zadaj pytanie uczniom: „Jakie mogą być skutki działania hałasu na organizm człowieka?”
- Uzupełnij odpowiedzi uczniów.
- Podkreśl, że hałas o stosunkowo niewielkim poziomie (w zakresie 55 dB - 80 dB), może być przyczyną dekoncentracji, utrudnienia pracy, utrudnionej komunikacji werbalnej (słownej), a także może przyczynić się do rozwinięcia się chorób o podłożu nerwicowym. Natomiast hałas o poziomie powyżej 80 dB działający nieprzerwanie przez dłuższy okres może być przyczyną trwałego uszkodzenia słuchu.

**Ad. 10.**

- Podaj techniczne i organizacyjno-administracyjne metody ograniczania hałasu.
- Przedstaw slajdy nr 45 i 46.
- Podkreśl, że w przypadku, gdy ze względów technicznych nie można zmniejszyć hałasu na stanowisku pracy, poniżej dopuszczalnych wartości, pracownicy są obowiązani stosować ochronniki słuchu dobrane do wielkości charakteryzujących hałas.
- Wykonaj z uczniami ćwiczenie.

**ĆWICZENIE (dla nauczyciela z odpowiedziami)**

W pomieszczeniach administracyjnych i biurowych hałas dochodzący z pobliskiej hali produkcyjnej wynosi 56 dB w ciągu dnia pracy.

**Zaproponuj sposób poprawy warunków pracy w tych pomieszczeniach.**

**Metody techniczne**

Ograniczenie hałasu ze źródła:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zmiana technologii procesu produkcyjnego hali,</li> <li>• wymiana maszyn na cichsze,</li> <li>• wymiana niektórych podzespołów lub materiałów w maszynach.</li> </ul>
Ograniczenie hałasu na drodze propagacji:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zastosowanie obudów dźwiękoizolacyjnych na źródła hałasu,</li> <li>• zastosowanie ścian (przegród) dźwiękoizolacyjnych,</li> <li>• zastosowanie ekranów akustycznych,</li> <li>• umieszczenie stanowisk pracy w kabinach dźwiękoizolacyjnych.</li> </ul>

**Metody organizacyjno-administracyjne**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przeniesienie pomieszczeń biurowych w inne miejsce zakładu, z dala od hałasu.</li> </ul>
--	---

**PYTANIA KONTROLNE Z ODPOWIEDZIAMI****1. Co to są drgania mechaniczne?**

**Odpowiedź:** Drgania mechaniczne - (wibracje) - ruch cząstek ośrodka sprężystego względem położenia równowagi.

**2. Od czego zależy reakcja organizmu na działanie drgań?**

**Odpowiedź:** Reakcja organizmu człowieka na działanie drgań zależy od:

- miejsca wnikania drgań do organizmu,
- parametrów drgań (ich przyspieszenia i częstotliwości),
- czasu narażenia na drgania,
- sposobu obsługi maszyn i narzędzi (utrzymywana postawa podczas pracy, siła nacisku i zacisku wywierana na narzędzie),
- warunków klimatycznych otoczenia (wilgotność, temperatura),
- własności osobniczych danego człowieka.

### 3. Jakie zmiany chorobowe mogą powstać w organizmie człowieka w wyniku ekspozycji na drgania mechaniczne?

**Odpowiedź:** W wyniku działania wibracji mogą powstać następujące zmiany chorobowe w organizmie człowieka:

- zaburzenia w układzie krążenia,
- zaburzenia w układzie nerwowym,
- zaburzenia w układzie kostno-stawowym,
- zaburzenia pracy układu pokarmowego,
- zaburzenia ogólne (wzroku, mowy, osłabienie, zawroty głowy).

### 4. Wymień metody ograniczania narażenia na drgania mechaniczne.

**Odpowiedź:** Metody ograniczania narażenia na drgania mechaniczne to:

- a) metody techniczne:
  - minimalizowanie drgań u źródła ich powstawania,
  - automatyzacja procesów technologicznych i zdalne sterowanie źródłami drgań,
  - zmniejszanie drgań na drodze ich rozchodzenia się (poprzez umieszczanie elementów izolujących i pochłaniających drgania np. mat, podkładek, wibroizolatorów, rękawic antywibracyjnych, a także właściwe fundamentowanie maszyn i urządzeń),
  - stosowanie układów aktywnych i semiaktywnych redukcji drgań
- b) metody organizacyjno-administracyjne:
  - skracanie czasu narażenia na drgania,
  - stosowanie przerw i odpoczynków,
  - przesuwanie do pracy na innych stanowiskach,
  - szkolenie pracowników.

### 5. Co określa się pojęciem „hałas”?

**Odpowiedź:** Hałasem określa się wszelkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe, uciążliwe lub szkodliwe drgania ośrodka sprężystego, oddziałujące za pośrednictwem powietrza na narząd słuchu i inne zmysły oraz narządy człowieka.

### 6. Jakie są rodzaje hałasu ze względu na jego zmienność w czasie?

**Odpowiedź:** Hałas może być:

- ustalony, gdy poziom dźwięku mierzony w określonym miejscu zmienia się podczas obserwacji nie więcej niż 5 dB,
- nie ustalony, gdy poziom dźwięku mierzony w określonym miejscu zmienia się podczas obserwacji więcej niż 5 dB,
- impulsowy, jeśli składa się z jednego lub więcej impulsów dźwiękowych, z których każdy trwa krócej niż 1 s.

### 7. Jakie mogą być rodzaje źródeł hałasu?

**Odpowiedź:** Wyróżniamy następujące źródła hałasu:

- mechaniczne (maszyny i urządzenia o napędzie mechanicznym, elektrycznym, pneumatycznym),
- aerodynamiczne i hydrodynamiczne (ruch lub rozprężanie gazów i cieczy),
- technologiczne (hałas przy łamaniu i kruszeniu materiałów).

### 8. Jakie mogą być skutki działania hałasu na organizm człowieka?

**Odpowiedź:** Skutkiem działania hałasu na organizm człowieka są:

- uszkodzenie słuchu (dla poziomów powyżej 80 dB),
- nerwice,
- zwiększona pobudliwość,
- bezsenność i bóle głowy,
- zmniejszony refleks,
- nadciśnienie tętnicze krwi,
- choroby wrzodowe żołądka i dwunastnicy,
- osłabienie czynności narządów trawiennych,
- wzmożone napięcie mięśni,
- obniżenie odporności na choroby,
- zaburzenie wzroku, równowagi i dotyku.

**9. Jakie są metody ograniczania hałasu?****Odpowiedź:** Wyróżniamy następujące ograniczenia hałasu:

- a) techniczne:
  - ograniczanie emisji hałasu ze źródła,
  - ograniczanie hałasu na drodze propagacji,
- b) organizacyjno-administracyjne:
  - właściwe rozmieszczenie pomieszczeń ze źródłami hałasu,
  - odsunięcie stanowisk pracy od źródeł hałasu, w tym automatyzacja procesów technologicznych,
  - stosowanie przerw w pracy i ograniczenie czasu pracy na hałaśliwych stanowiskach.

# MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY DLA UCZNIĄ

## Temat: *Drgania mechaniczne - wibracje. Hałas w środowisku pracy*

### Podział drgań, źródła drgań

#### DRGANIA MECHANICZNE

Drgania mechaniczne (nazywane także wibracjami) w fizyce definiowane są jako ruch cząstek ośrodka sprężystego względem położenia równowagi; drganiami są więc zarówno ruchy cząsteczek powietrza wywołane np. działaniem głośnika, fale na morzu, huśtanie się dziecka na huśtawce, czy ruchy elektrycznej szczoteczki do zębów.

W środowisku pracy analizowane są takie drgania, które docierają do organizmu człowieka wyłącznie przez bezpośredni kontakt z drgającym sprężystym ośrodkiem stałym. Oprócz zastosowania ich m.in. do celów diagnostycznych, medycznych lub ostrzegawczych (np. systemy ostrzegania kierowców przed zaśnieciem, lub systemy ostrzegania pilotów w sytuacjach alarmowych) drgania mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia a nawet życia.

Do opisu drgań najczęściej wykorzystywanych jest kilka wielkości fizycznych jednocześnie. W przypadku oceny szkodliwości drgań działających na pracownika podstawowymi wielkościami są:

- amplituda - określająca jak „mocno” drga obiekt ( podczas badań w środowisku pracy miarą amplitudy drgań jest przyspieszenie drgań w  $m/s^2$ ),
- częstotliwość - informująca o szybkości zmian amplitudy (w Hz tj. liczbie cykli drgań na sekundę).

Wyznaczany jest także czas narażenia - informujący jak długo na pracownika działają drgania w ciągu dnia pracy (najczęściej w minutach).

Oczywiście, im większa amplituda drgań, tym bardziej są one szkodliwe dla pracownika. W zależności od wartości amplitudy drgań i czasu ich oddziaływania drgania mogą być uciążliwe (utrudniają wtedy pracę lub obniżają zdolność do jej wykonywania) lub szkodliwe (pogarszają wtedy stan zdrowia i często prowadzą do wystąpienia choroby zawodowej), mogą być także niebezpieczne i powodować natychmiastowe urazy a nawet śmierć.

Drgania mogą docierać do organizmu pracownika poprzez jego różne części ciała i oddziaływać na nie w różny sposób, dlatego przy ich ocenie rozróżnia się dwa rodzaje drgań:

1. Drgania ogólne - działające na organizm człowieka przez jego nogi, miednicę, plecy lub boki, (najbardziej niebezpieczne tego rodzaju drgania występują w zakresie częstotliwości od 0,9 Hz do 90 Hz). Oddziałują na człowieka najczęściej poprzez podłogę lub siedziska maszyn i pojazdów. Źródłami drgań o działaniu ogólnym są więc:
  - podłogi hal fabrycznych i innych budynków oraz podesty, pomosty itp., wprawione w drgania przez eksploatowane w nich (lub poza nimi) maszyny i urządzenia stacjonarne i przenośne lub też przez ruch uliczny czy kolejowy,
  - różnego rodzaju platformy drgające,
  - siedziska i podłogi różnego rodzaju środków transportu (samochodów, ciągników, autobusów, tramwajów itp.),
  - siedziska i podłogi wszelkiego rodzaju maszyn budowlanych, ziemnych, leśnych, rolniczych.
2. Drgania działające przez kończyny górne - ręce (tego rodzaju drgania są badane w zakresie częstotliwości 5,6 Hz do 1400 Hz.) Pochodzą głównie od używanych narzędzi ręcznych lub maszyn. Źródłami drgań działających przez kończyny górne są głównie:
  - ręczne narzędzia uderzeniowe, np. młoty, ubijaki, klucze udarowe,
  - ręczne narzędzia obrotowe, np. wiertarki, szlifierki,
  - piłarki łańcuchowe,
  - dźwignie sterujące maszyn i pojazdów obsługiwane rękami (np. kierownice),
  - obrabiane elementy trzymane w dłoniach np. przy szlifowaniu, gładzeniu, polerowaniu itp.

Niektóre narzędzia jak np. młoty czy ubijaki mimo, że obsługiwane są rękami i zaliczane do źródeł drgań działających przez kończyny górne, wytwarzają drgania, które ze względu na sposób pracy tych narzędzi przenoszone są poprzez podłoże także do innych części ciała poprzez stopy. Takie narzędzia stają się wtedy dodatkowo także źródłami drgań ogólnych (np. ubijaki wibracyjne).

### **Szkodliwe oddziaływanie drgań**

W środowisku pracy mogą występować drgania o częstotliwościach od dziesiątych części Hz do kilku a nawet kilkudziesięciu tysięcy Hz, jednak najbardziej niebezpieczne są dla organizmu człowieka drgania o częstotliwościach z zakresu 0.9 - 1400 Hz. Wiąże się to przede wszystkim z możliwością wystąpienia zjawiska rezonansu poszczególnych części ciała człowieka. Rezonans polega na gwałtownym wzroście amplitudy drgań narażonego obiektu bez dodatkowego działania zewnętrznego. Zachodzi on w pewnych charakterystycznych warunkach tzn. gdy częstotliwość działających drgań zrówna się z częstotliwością charakterystyczną dla danego obiektu (częstotliwością drgań własnych). Rezonans może doprowadzić do uszkodzenia, pęknięcia lub rozerwania części maszyny czy urządzenia. W przypadku organizmu człowieka rezonans może natomiast wywołać krwotoki, zaburzenia w działaniu poszczególnych narządów (np. serca, płuc, żołądka), a nawet doprowadzić do ich rozerwania.

Reakcja organizmu na działanie drgań zależy od:

- części ciała poprzez którą drgania docierają do organizmu pracownika,
- amplitudy i częstotliwości drgań,
- kierunku rozchodzenia się drgań w organizmie (poziomo czy pionowo),
- czasu narażenia na drgania,
- sposobu obsługi maszyn czy narzędzi (utrzymywana postawa podczas pracy, siła nacisku i zacisku wywierana na narzędzie),
- warunków klimatycznych otoczenia (wilgotność, temperatura),
- indywidualnych właściwości pracownika (cech dziedzicznych, stanu zdrowia, przyjmowanych leków, palenia tytoniu itp.).

W wyniku działania drgań na organizm człowieka może dojść do zaburzeń w układach:

- krążenia (jednym z widocznych symptomów może być bieleńcie opuszek palców wywołane uszkodzeniem drobnych naczyń krwionośnych tzw. choroba „białych palców”),
- nerwowym (objawiających się złym samopoczuciem, bezsennością, zaburzeniami czucia dotyku i temperatury, ograniczeniem zdolności manualnych, bólami rąk i nóg),
- kostno-stawowym (obejmujących zmiany zwyrodnieniowe stawów nadgarstkowych, łokciowych i kręgosłupa, powstawanie torbieli kostnych),
- pokarmowym.

Może dojść także do zaburzeń ogólnych objawiających się pogorszeniem wzroku, osłabieniem pamięci, zawrotami głowy, zwiększeniem czasu reakcji, zaburzeniami w koordynacji ruchów, nadmiernym zmęczeniem, rozdrażnieniem. Najbardziej znanymi dolegliwościami związanymi z działaniem drgań mechanicznych środowisku pracy jest tzw. zespół wibracyjny (choroba zawodowa) oraz zespół bólowy kręgosłupa.

### **Metody ograniczania narażenia na drgania mechaniczne**

Narażenie na drgania mechaniczne można ograniczać przede wszystkim zmniejszając amplitudy drgań docierających do pracownika, wykorzystywane są wtedy tzw. metody techniczne takie jak:

- minimalizowanie drgań u źródła ich powstawania (eliminacja luzów pomiędzy współpracującymi częściami maszyn, właściwy montaż maszyny i mocowanie jej do podłoża, wyrównoważenie obracających się elementów maszyn np. kół w samochodzie),
- zmniejszanie drgań na drodze ich rozchodzenia się (poprzez umieszczanie elementów izolujących i pochłaniających drgania np. mat, podkładek, wibroizolatorów, rękawic antywibracyjnych, a także właściwe fundamentowanie maszyn i urządzeń),
- automatyzacja procesów technologicznych i zdalne sterowanie źródłami drgań,
- wprowadzanie dodatkowych układów (biernych, aktywnych lub semiaktywnych) specjalnie projektowanych i przeznaczonych wyłącznie do redukcji drgań.



Na zmniejszenie narażenia na drgania można wpływać także w inny sposób; często stosowane są tzw. metody organizacyjno-administracyjne takie jak:

- skracanie czasu narażenia na drgania w ciągu zmiany roboczej,
- stosowanie przerw i odpoczynków w wydzielonych pomieszczeniach,
- przesuwanie do pracy na innych stanowiskach osób szczególnie wrażliwych na działanie drgań,
- szkolenie pracowników w celu uświadomienia ich o występujących zagrożeniach oraz w zakresie bezpiecznej obsługi maszyn i narzędzi.

Najlepsze rezultaty można osiągnąć przy zastosowaniu jednocześnie metod technicznych i organizacyjno-administracyjnych.

Pomiary i ocenę drgań mechanicznych w środowisku pracy wykonuje się w oparciu o normy: PN-EN ISO 5349, PN-EN ISO 14253+A1, zaś w Rozporządzeniu Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2018 r. poz. 1286) podane są, m.in. wartości dopuszczalne ekspozycji na drgania ze względu na ochronę zdrowia pracownika.

## HAŁAS

Jednym z podstawowych zmysłów człowieka jest słuch. Informacja docierająca do mózgu człowieka drogą słuchową, początkowo w postaci drgań powietrza wnika do organizmu poprzez kanał słuchowy i pobudza do drgań mechanicznych błonę bębenkową. Dalej w uchu środkowym przenoszona jest mechanicznie do ucha wewnętrznego do ślimaka, w którym zamieniana jest na impulsy elektryczne przenoszone do mózgu. Ucho, drgania powietrza jest w stanie przetworzyć na percepcję słuchową, gdy drgania te zawierają się w zakresie częstotliwości od 20 do 20000 Hz (tzw. zakres słyszalny) i mają odpowiednią, amplitudę. Drgania zbyt słabe nie będą odbierane, z kolei drgania zbyt silne mogą uszkodzić elementy narządu słuchu (głównie ucha środkowego lub ślimaka). Parametrem fizycznym określającym wielkość drgań jest ciśnienie akustyczne (różnica między chwilową wartością ciśnienia powietrza i ciśnieniem statycznym powietrza). Ze względu na sposób przekazywania bodźca słuchowego do mózgu (prawo Webera-Fechnera) w akustyce linearyzuje się sposób percepcji logarytmując ciśnienie akustyczne, wówczas ten parametr fizyczny nazywa się poziomem ciśnienia akustycznego. Chodzi o to, aby przyrost parametru fizycznego określającego dźwięk powodował liniowy wzrost percepcji odczucia głośności. Dynamika odbieranych przez człowieka poziomów ciśnienia akustycznego wynosi od ok. 0 do ok. 120 dB. Narząd słuchu nie tak samo głośno odbiera dźwięki o różnych częstotliwościach. Ucho odbiera dźwięki o najmniejszym poziomie ciśnienia akustycznego w środkowym zakresie częstotliwości tj. 1000-4000 Hz. Aby móc porównywać głośność i szkodliwe oddziaływanie dźwięków oddziaływujących na człowieka dźwięki o różnych częstotliwościach koryguje się tzw. charakterystyką częstotliwościową A. Poziom ciśnienia akustycznego korygowany charakterystyką częstotliwościową A nazywa się poziomem dźwięku A - (podstawowy parametr stosowany do oceny hałasu w zakresie słyszalnym).

### Podział hałasu

Definicja hałasu określa, że są to wszystkie dźwięki oddziaływujące szkodliwie lub uciążliwie na człowieka (oraz mogące powodować inne negatywne skutki). W większości przypadków występujący hałas zmienia się w czasie, dlatego biorąc pod uwagę sposób jego oddziaływania na człowieka, przy ocenie hałasu uwzględnia się jego poziom średni tzw. równoważny poziom dźwięku A oraz jego poziom maksymalny (chwilowy) tzw. maksymalny poziom dźwięku A. Specyficznym rodzajem hałasu zmiennego w czasie jest hałas impulsowy, którego szkodliwość oddziaływania określa się szczytowym (chwilowym) poziomem dźwięku C.

Z punktu widzenia negatywnego oddziaływania na człowieka drgań powietrza, najbardziej istotny jest odbiór słuchowy w zakresie częstotliwości 20-20000 Hz. Istotne są także drgania o częstotliwościach poniżej i powyżej częstotliwości słyszanych. Poniżej w zakresie częstotliwości 1-20 Hz dźwięki niepożądane określa się jako hałas infradźwiękowy, z kolei zakres częstotliwości od 10000 do 40000 Hz określa się jako hałas ultradźwiękowy. W tych zakresach częstotliwości również rozpatruje się percepcję, szkodliwość i uciążliwość hałasu.

### Wpływ hałasu na człowieka

Ekspozycja na dźwięki o poziomach powyżej 80 dB i długim czasie oddziaływania powoduje nieodwracalne uszkodzenia słuchu. Nie jest w tym przypadku istotne czy wywołują te uszkodzenia dźwięki postrzegane



przez człowieka negatywnie czy pozytywnie. Tak więc słuchając bardzo głośnej muzyki lub dopingu sportowego możemy uszkodzić słuch, mimo iż dźwięki są przez nas akceptowalne. **Uszkodzenia słuchu diagnozuje się na podstawie badań audiometrycznych.**

Dźwięki o poziomach 55-75 dB nie uszkadzają słuchu, jednakże mogą utrudniać lub uniemożliwiać nam wykonywanie czynności (np. koncentrację uwagi, rozmowy przez telefon itp.). Poza tym mogą wywołać nerwice, zwiększoną pobudliwość, bezsenność, bóle głowy, zmniejszyć refleks, spowodować podwyższenie ciśnienia tętniczego krwi, spowodować choroby wrzodowe, obniżyć odporność na choroby oraz zaburzyć wzrok, równowagę i dotyk. Hałas o poziomie powyżej 50 dB będzie także powodował naturalny odruch podnoszenia poziomu głosu mówiących. W takich przypadkach powszechnie spotykanych w szkolnictwie, lektorzy i nauczyciele będą mówili nadmiernie obciążając narząd mowy, przez co znacznie zwiększą ryzyko występowania chorób narządu mowy.

Przy jeszcze niższych poziomach dźwięku A 25-40 dB dominujący negatywny wpływ to stres i w konsekwencji obniżenie odporności na choroby. W tym zakresie na występowanie negatywnych skutków, istotny wpływ ma brak akceptacji występującego hałasu (ten sam hałas od klimatyzacji może być dla jednych akceptowalny, a dla drugich nie).

### Ocena hałasu w środowisku pracy

Hałas w środowisku pracy ocenia się niezależnie w trzech zakresach częstotliwości: hałas infradźwiękowy (1-20 Hz), hałas w zakresie słyszalnym (20-20000 Hz) oraz hałas ultradźwiękowy (10000-40000 Hz). W każdym z tych zakresów częstotliwości, w ocenie stosuje się inne parametry charakteryzujące hałas, dla których przyjęto odpowiednie poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne zależą także od tego czy hałas ocenia się w zakresie poziomów szkodliwego oddziaływania (dotyczy wszystkich pracowników) czy w zakresie uciążliwości lub inaczej zwanym możliwością realizacji podstawowych zadań pracy (pracownicy wykonujący prace wymagające szczególnej koncentracji). Dla hałasu w zakresie słyszalnym i oceny ze względu na szkodliwe oddziaływanie hałasu na narząd słuchu są to:

- równoważny poziom dźwięku A w czasie 8 godzin lub tygodnia (zwany poziomem ekspozycji dziennej lub tygodniowej na hałas, LEX,8h lub LEX,w); dopuszczalny poziom to 85 dB,
- maksymalny poziom dźwięku A; dopuszczalny poziom to 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C; dopuszczalny poziom to 135 dB.

Powyższe trzy wartości są tzw. NDN hałasu tj. najwyższymi dopuszczalnymi natężeniami hałasu.

Dla dwóch grup społecznych o szczególnej wrażliwości (młodociani; kobiety w ciąży) obowiązują niższe wartości dopuszczalne (odpowiednio: 80, 110 i 130 dB; 65, 110 i 130 dB).

Dla hałasu w zakresie słyszalnym i oceny ze względu na możliwość realizacji podstawowych zadań pracy, parametrem oceny jest równoważny poziom dźwięku A w czasie wykonywania pracy o tym charakterze (L<sub>Aeq,T</sub>):

- dla pracowników administracyjno-biurowych 55 dB,
- w laboratoriach bez źródeł hałasu 65 dB,
- w laboratoriach ze źródłami hałasu 75 dB.

Ocena hałasu na stanowisku pracy polega na porównaniu wartości ww. parametrów charakteryzujących hałas z wartościami dopuszczalnymi. W przypadku, gdy pierwsze z nich są większe niż drugie (wystarczy jedna), przekroczone są wartości dopuszczalne hałasu na stanowiskach pracy.

Innym sposobem oceny hałasu na stanowiskach pracy jest ocena ryzyka. Oceny wykonuje się na podstawie wartości ww. parametrów oceny i wartości NDN hałasu. Wynikiem oceny może być ryzyko małe, średnie (oba dopuszczalne) lub duże (niedopuszczalne). To ostatnie zachodzi, gdy wartość przynajmniej jednego parametru oceny przekracza wartość NDN.

### Źródła hałasu

Źródła hałasu można sklasyfikować z punktu widzenia fizycznej przyczyny powstania dźwięku (podział ten równocześnie jest istotny z punktu widzenia eliminacji hałasu u źródła jego powstawania): turbulencja w powietrzu (np. samoloty, wentylatory, gwizdki), fala uderzeniowa (np. wybuchy, zamykanie drzwi, hałas impulsowy), turbulencje lub pulsacje cieczy (np. zawory wodne, klimatyzacja), kawitacja (np. śruby, układy paliwowe w silnikach), uderzenie (np. młotkowanie, prasy), zazębianie (np. przekładnie zębate), toczenie (np. przenośniki taśmowe, łożyska kulkowe, pojazdy), tarcie i samowzbudzenie (np. hamulce, obróbka mechaniczna), pole magnetyczne (silniki elektryczne) oraz bezwładność (wirniki, wały).

W obiektach edukacyjnych i biurach poza technicznym wyposażeniem budynku (np. wentylacja, klimatyzacja, windy, toalety), głównym źródłem hałasu są ludzie (rozmowy i działalność człowieka).

## Ochrona przed hałasem

Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia przenosi się drogą powietrzną (oraz także materiałową) do człowieka. Najbardziej skutecznym ograniczeniem hałasu jest eliminacja jego źródła powstawania. W przypadku braku możliwości eliminacji lub ograniczenia emisji hałasu źródła, najkorzystniej jest ograniczyć jego propagację (rozprzestrzenianie) w sąsiedztwie źródła. Wykonuje się to przez umieszczenie źródła w obudowie dźwiękoizolacyjnej (inna nazwa - dźwiękochłonno-izolacyjnej). W niektórych przypadkach zachodzi potrzeba wymiany powietrza między źródłem, a otoczeniem, wówczas w otworze obudowy dźwiękoizolacyjnej, aby ograniczyć hałas przenikający przez otwór instaluje się tłumik akustyczny.

W przypadku, gdy źródło emituje hałas (a właściwie drgania) w zakresie niskich częstotliwości (do około 200 Hz), duża część drgań emitowana jest do podłoża i dalej w postaci drgań przenoszona jest drogą materiałową. Podłoże drgając emituje hałas jako źródło wtórne. Efektywnym sposobem ograniczenia tego procesu jest separacja źródła od podłoża (oddzielny fundament, wibroizolacja). Stosunkowo mało efektywnym sposobem ograniczenia hałasu jest eliminacja hałasu na drodze propagacji. W przypadku, gdy pomiędzy źródłem hałasu, a człowiekiem hałas przenosi się bezpośrednio, wówczas efektywnym sposobem ograniczenia hałasu jest zastosowanie ekranu akustycznego (inna nazwa ekran dźwiękochłonny). W przypadku, gdy źródła hałasu znajdują się w pomieszczeniach, hałas odbija się od różnych powierzchni (ścian, stropu podłogi) i jest on zwykle znacznie większy od hałasu docierającego bezpośrednio. Dlatego w pomieszczeniach przede wszystkim należy ograniczyć hałas odbity (tzw. hałas pogłosowy). Najprostszym tego sposobem jest zainstalowanie dźwiękochłonnego sufitu podwieszanego i/lub pokrycie ścian materiałami dźwiękochłonnymi. Rozwiązania te będą tym bardziej skuteczne, im parametr charakteryzujący właściwości dźwiękochłonne materiału tj. współczynnik pochłaniania dźwięku będzie większy (1 - to materiał całkowicie pochłaniający dźwięki, które na niego padają). Materiały dźwiękochłonne o współczynniku pochłaniania w zakresie 0,6-0,75 nazywa się materiałami o klasie dźwiękochłonności C, 0,8-0,85 klasą B, a 0,9-1 klasą A. Dostateczną ochroną przed hałasem pracowników jest kabina dźwiękochłonno-izolacyjna. Wymienione środki nazywa się środkami ochrony zbiorowej przed hałasem. Bardzo skutecznym sposobem ograniczenia hałasu oddziaływującego na człowieka (właściwie ograniczenia hałasu wnikałego do narządu słuchu) są ochronniki słuchu (środek ochrony indywidualnej przed hałasem). Aby były one skutecznie muszą być dobrane pod względem ich tłumienia akustycznego do występującego hałasu. Według przepisów stosuje się je dopiero po wyczerpaniu innych ww. możliwości technicznego ograniczenia hałasu oraz wyczerpaniu możliwości organizacyjnych ograniczenia oddziaływania hałasu na pracowników. Te ostatnie to właściwe rozplanowanie obiektu, w tym źródeł hałasu i stanowisk pracy oraz rotacja pracowników na najgłośniejszych stanowiskach pracy.

W obiektach edukacyjnych (sale wykładowe, lekcyjne, korytarze, sale sportowe, kuchnie) jedynym skutecznym środkiem ograniczenia hałasu, a także nadmiernego obciążania narządu mowy są dźwiękochłonne sufity podwieszane.

## LITERATURA

1. Mikulski W., Pleban D., Augustyńska D., Kaczmarska A. Koton J.: Hałas infradźwiękowy, w Koradecka D. (red.) Czynniki szkodliwe w środowisku pracy Wartości dopuszczalne CIOP-PIB, Warszawa 2018.
2. Ocena ryzyka zawodowego. CIOP-PIB, Warszawa, 2009.
3. Zawieska W.M. (red.): Ocena ryzyka zawodowego. CIOP-PIB, Warszawa, 2009.
4. Hałas. Seria: Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy. CIOP-PIB, Warszawa 2023.
5. Drgania mechaniczne. Seria: Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy. CIOP-PIB, Warszawa 2021.
6. Pośniak M., Skowroń J. (red.): Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne 2022 (wydanie XIII zmienione). CIOP-PIB, Warszawa 2022.
7. Pleban D., Smagowska B., Radosz J.: Hałas ultradźwiękowy w inżynierii środowiska pracy. CIOP-PIB, Warszawa 2020.

## PYTANIA KONTROLNE

1. Co to są drgania mechaniczne?
2. Od czego zależy reakcja organizmu na działanie drgań?
3. Jakie zmiany chorobowe mogą powstać w organizmie człowieka w wyniku działania drgań?
4. Wymień metody ograniczania zagrożeń od drgań mechanicznych.

5. Co określa się pojęciem „hałas”?
6. Jakie są rodzaje hałasu?
7. Jakie mogą być rodzaje źródeł hałasu?
8. Jakie mogą być skutki działania hałasu na organizm człowieka?
9. Jakie są metody ograniczania hałasu?

**ĆWICZENIE**

W pomieszczeniu administracyjno-biurowym, hałas dochodzący z pobliskiej hali produkcyjnej wynosi 60 dB w ciągu całego dnia pracy.

**Zaproponuj sposób poprawy warunków pracy w tych pomieszczeniach.**

<b>Metody techniczne</b>	
Ograniczenie hałasu ze źródła:	..... ..... ..... .....
Ograniczenie hałasu na drodze propagacji:	..... ..... ..... .....
<b>Metody organizacyjno-administracyjne</b>	
	..... ..... ..... .....